

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-353526

(43)Date of publication of application : 06. 12. 2002

(51) Int. Cl.

H01L 35/34
H01L 21/28
H01L 21/283
H01L 35/14

(21)Application number : 2001-157087

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP

MAKITA YUNOSUKE

CHIN KORETSU

O SHIDAN

FUKUZAWA YASUHIRO

NAKAYAMA YASUHIKO

(22)Date of filing : 25. 05. 2001

(72)Inventor : MAKITA YUNOSUKE

CHIN KORETSU

O SHIDAN

FUKUZAWA YASUHIRO

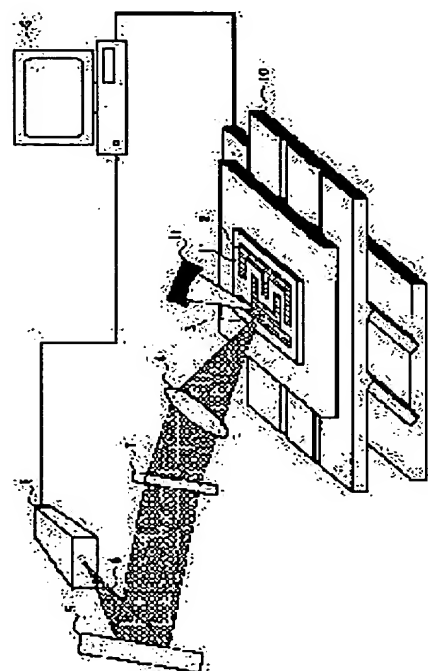
NAKAYAMA YASUHIKO

(54) ELECTRODE-FORMING METHOD FOR β -FeSi₂ ELEMENT

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrode forming method for a β -FeSi₂ element, for which the manufacturing method is significantly simplified, enabling lower manufacturing cost.

SOLUTION: A method for forming an electrode is provided for constituting an element on a β -FeSi₂ thin film of a semiconductor or on a flat plate. Either in the atmosphere or in an inert gas atmosphere, the surface part of the β -FeSi₂ material is heated to 982°C or higher, so that the entire or part of it is phase-converted into a α -FeSi₅ phase. A part, in which a phase has converted, is used as an electrode 2 of proper conductivity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25. 05. 2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] The formation method of the electrode for forming a metallic material, without depositing or carrying out spreading association be start from the exterior among the manufacture methods of the semiconductor device in the electronics field in the electrode which flow through current to up to an element material board or a thin film substrate, and this invention be beta-FeSi₂ in details. It be relate with the method of heating a part, converting into a metal phase and using as an electrode.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional semiconductor device forms the material thin film of functionality on a silicon (Si) substrate or plane substrate material, and the electrode which outputs and inputs a signal on it is given. An electrode line is twisted around a sample edge, or in the case of the electrode of the comparatively big test piece of a ceramic or a functional material, a metal paste and various kinds of solder are used for surface [a part of], and it fixes an electrode line.

[0003] On the other hand, in order to perform detailed wiring of Si, the luminescence, light-receiving, memory, IC circuit device using an III-V group compound semiconductor material, etc., etc., the various electrode formation methods have been developed from the former.

[0004] Generally, the vacuum evaporation film, the sputter film, and the ion plating film of a metal conductor were deposited on the element surface, it was processed into the detailed pattern using a photolithography technology, and the element has been formed.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] A semiconductor material and an electrode material are required for the element of a semiconductor. Since the function of the electrode introduces current into a functional semiconductor material or pulls it out, both interface must stick it mechanically and it must be able to take the so-called ohmic contact which shows a normal flow also electrically.

[0006] for that purpose, ** -- the metal which is a good conductor is chosen as an electrode material. Generally, aluminum (aluminum), copper (Cu), silver (Ag), gold (Au), etc. are used. Although what has high conductivity is desirable, problems, such as corrosion after prolonged use, may occur depending on combination with the potential difference by the ambient atmosphere and temperature which are used, and a semiconductor material. Since the change by these phenomena must be avoided, it is a problem what kind of electrode material is chosen.

[0007] Moreover, in order to maintain between a semiconductor material and an electrode material at a good cementation condition, the foreign matter which obstructs contact mechanical at least must be removed. For example, ** both surface is washed well, and ** oxide and dust are removed and it is made remove an organic nature impurity or to increase a mechanical degree of adhesion. In this way, as a method of contacting an electrode material on the surface which became clarification, metal membrane vacuum evaporation, in a vacuum and film formation by the sputtering method have been performed.

[0008] However, the activity which maintains this surface at clarification becomes an increase and the factor which carries out and raises a price about a production process.

[0009] in order [furthermore,] to process into the electrode pattern configuration of arbitration the electric conduction film which carried out the laminating -- ** -- the production process of completion of a metal membrane etching processing -> electrode pattern has been given to the pattern subject-copy mask production -> semiconductor film surface by the resist film removal -> acid or lye by resist spreading -> exposure -> etching using expensive HOTORISO graph equipment.

[0010] However, in case much more metal membrane electrode is already formed on it at ** pan after forming a detailed metal pattern by this photolithography method, a laminated metal thin film is formed ranging over the etching level difference made with pretreatment. The phenomenon in which the film which connects between the inferior surface of tongue of a stage and the upper surface in that case was not fully connected and in which the

so-called step coverage is bad happened, and it had become the cause of generating electrode layer exfoliation and an open circuit.

[0011] As described above, in order to raise the manufacture yield and to attain the high quality and the low cost aim of a product, by the formation method of these former, there was a problem that using expensive equipment or conducting inspection between processes repeatedly etc. had to apply many time amount and efforts.

[0012] This invention is beta-FeSi 2 which can remove the above-mentioned trouble, can simplify a manufacturing process remarkably, and can attain reduction-ization of a manufacturing cost. It aims at offering the electrode formation method of an element.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This invention is beta-FeSi 2 of [1] semiconductor, in order to attain the above-mentioned purpose. It is the method of forming an electrode for constituting an element on a thin film or a plate. It sets in the inside of atmospheric air, or an inert gas ambient atmosphere, and is said beta-FeSi 2. It is alpha-Fe 2 Si5 about that all or part by heating a material-list side portion at at least 982 degrees C or more. A phase is made to carry out phase conversion and it is characterized by using this portion that carried out phase conversion as a conductive good electrode.

[0014] [2] Beta-FeSi 2 of the above-mentioned [1] publication In an electrode formation method of an element Make into a laser beam a heat source which heats said a part of material-list side, and a heating temperature up is carried out by irradiating said material-list side near the focus to which this laser beam was extracted. It is characterized by forming an electrode which made that portion a current carrying part with said metal crystal phase, and made this current carrying part a predetermined configuration by causing conversion to a metal crystal phase with conductivity, intercepting a laser beam after that, and cooling said material to near a room temperature rapidly.

[0015] [3] Beta-FeSi 2 of the above-mentioned [2] publication In an electrode formation method of an element Heating temperature of said material-list side by said laser beam is made into between from 982 degrees C to 1212 degrees C. Alpha-Fe 2 Si5 By intercepting said laser beam and quenching to near a room temperature, after heating an exposure portion of said laser beam which became a phase, it leaves with alpha-phase and is characterized by forming an electrode pattern by repeat of this production process.

[0016] [4] Beta-FeSi 2 of the above-mentioned [2] publication In an electrode formation method of an element, it is characterized by using Nd addition YAG laser as said laser light source.

[0017] [5] Beta-FeSi 2 of the above-mentioned [2] publication In an electrode formation method of an element Beta-FeSi 2 of said semiconductor Being the method of forming an electrode by irradiating said laser beam, and heating said material-list side to about 600 degrees C beforehand, since an element is constituted on a thin film or a plate By furthermore irradiating said material-list side near the focus of said laser beam, a heating temperature up is carried out and it is characterized by forming an electrode by causing conversion to a crystal phase with conductivity.

[0018] Without using it, choosing a special electrode material, when an electrode is constituted from this invention on the semiconductor material surface and it considers as an element Baking heating after special washing and adhesion for taking ohmic contact, And vacuum evaporatio and a sputtering film formation production process are skipped, and also when needing to form membranes other than an electrode, it is not necessary to produce a step coverage problem. Production processes, such as a mask and optical exposure, are abolished and it is good beta-FeSi 2 in the inside of air, or an inert gas ambient atmosphere. A means to form an electrode of an element is given.

[0019] That is, by carrying out laser radiation of some sample materials, it heats more than the temperature of transformation of a semiconducting crystal phase, and the portion is transformed to a metaled crystal phase, it considers as a conductor, and it is used as an electrode.

[0020]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained at details based on a drawing below.

[0021] Drawing 1 is beta-FeSi 2 by laser heating which shows the example of this invention. It is alpha-Fe 2 Si5 in a part of phase. The mimetic diagram of the equipment changed into a phase and drawing 2 are beta-FeSi 2 which shows the example of this invention. It is the electrode formation production process cross section of an element.

[0022] As shown in drawing 1 , it is beta-FeSi 2 on Si crystal substrate beforehand. The sample board (silicon substrate) 1 with which the film is growing is placed on the stage 10 which carries out movable so that it may be controlled by the computer 9 and an electrode pattern may be drawn.

[0023] Nd similarly controlled by the computer 9: The laser beam 6 injected from YAG laser 8 passes the mirror 5 which builds the optical path of equipment the optimal, and the beam switch 7 by which computer control is

similarly carried out, draws in its with a condenser lens 4 further, and connects a focus to the hot spot 3 of a sample side. It is an electrode 2 that patternize the metal-membrane-ized portion and it is made with this heating. The scattered light reflected from a sample side is absorbed by the absorber 11.

[0024] the feature of this invention -- beta-FeSi 2 of a device material a thin film -- heating actuation -- a crystal - a variant -- causing -- alpha-Fe 2 Si5 of a metal body It is in the place using changing.

[0025] Beta-FeSi 2 of the following and this invention The electrode formation method of an element is explained to details using drawing 2.

[0026] (1) First, as shown in drawing 2 (a), it is beta-FeSi 2 of a semiconductor on a silicon substrate 21. A thin film 22 is formed.

[0027] (2) Subsequently, as shown in drawing 2 (b), it is the beta-FeSi 2. A laser beam 23 is irradiated in the predetermined part of a thin film 22, and it heats at 982 degrees C or more, and changes into alpha-Fe 2 Si5 24 of a metal body.

[0028] (3) Next, as shown in drawing 2 (c), cool rapidly alpha-Fe 2 Si5 24 of a metal body to near the room temperature, and form the lasting electrode 25.

[0029] Drawing 3 is principle drawing explaining the phenomenon at the time of metalizing with iron, binary-condition drawing of silicon, and heating.

[0030] Fe and intermetallic-compound beta-FeSi 2 made in the percentage 1:2 of Si element A phase is a semiconductor and this presentation exists in the A point on binary-condition drawing. If this material is heated by the laser annealing method etc., it will reach at a parent phase decomposition temperature (982 degrees C) B point, and this temperature is beta-FeSi 2. Phase structure is maintained. Beta-FeSi 2 of the portion heated when temperature furthermore rose and it resulted in C point exceeding the B point For phase structure, it decomposes and most is [slight epsilon-FeSi phase D point material and] alpha-Fe 2 Si5. It becomes the mixed crystal phase divided into E phase material. Alpha-Fe 2 Si5 made by being changed here A phase is a metal phase and uses this as an electrode material.

[0031] Most hot spots are alpha-Fe 2 Si5. The location in the state diagram of the material converted into the phase becomes E points. Subsequently, beta-FeSi 2 which is originally a stable thermal equilibrium phase when the material converted into alpha phase which is E points is quenched as it is and it lowers to F near a room temperature It is alpha-Fe 2 Si5, without separating into the mixed crystal phase of Si. It remains as. Since this crystal phase is a metal, it serves as an electric good conductor and functions as an electrode material.

[0032] When right time amount neglect is carried out at 900 degrees C - about 650 degrees C without quenching the material in E points to near the room temperature, it is alpha-Fe 2 Si5. A phase is beta-FeSi 2 again. Since a separation deposit is carried out at a semiconductor phase and Si, it stops having a metal property as an electrode. Beta-FeSi 2 A phase is heated and it is alpha-Fe 2 Si5. In order to use as an electrode the portion converted into the phase, it is important to cool to near [F] a room temperature quickly.

[0033] Since the feature of this invention causes a crystal transformation and uses some sample films as a metal by heating actuation, when producing the device which forms an electrode in a semiconductor device, it does not have to carry out the adhesion deposition of the metal for electrodes from the exterior. Since some sample materials become an electrode in the condition that there is anything [no] in a sample material-list side, with a flat side, in the case of the conventional electrode formation, the generated material and inter-electrode contamination are lost theoretically, and too much defecation of a material-list side becomes unnecessary. Moreover, since the contact surface of a material is a flat continuation side, the electrode with which ohmic contact was obtained completely will be formed.

[0034] Beta-FeSi 2 of this invention Since it is the feature that the electrode formation method of an element heats a required portion, and changes it into a metal phase, the heating method is possible not only by the laser annealing method but the method of making the flame of high temperature, and a high temperature metal piece tip stick by pressure etc.

[0035] Generally, since the width of face is constituted from 1mm or less by detailed pattern called several 100 micrometers - 10 micrometers of numbers, as for the electrode of a semiconductor device, it is desirable to use the laser beam as the heating method at the time of heating and metalizing such a detailed portion which can make a heat source minute. If a laser beam is narrowed down using a lens, the beam diameter irradiated by that focus serves as several micrometers - 10 micrometers of numbers, and since this portion metalizes, a free electrode pattern will be formed by moving light and a sample location and tying a hot spot to continuation.

[0036] The laser beam used for heating has the thing of various wavelength. For example, what has a powerful output in an ultraviolet wavelength field like excimer laser, the semiconductor easily obtained in the light field of green or red, helium, Ne gas laser, solid state laser of Cd or Ne:YAG, and CO2 of 10 more micrometer long wavelength There is gas laser etc. Although it can heat, in order it is characteristic, respectively, and to absorb light efficiently and to make heating quick, the light absorption coefficient and reflection coefficient of a material

must be chosen. Namely, beta-FeSi 2 The absorption coefficient of 2-micrometer light is high from the wavelength of 0.9 micrometers for a film. It is this point and Nd:YAG laser is the optimal as the operation light source of this invention. Although large energy power can be taken, ultraviolet laser is not suitable as the heating light source in order to carry out collision scattering of the atomic molecule of a material, since energy is high. [0037] Moreover, the light has much reflection and it is not efficient as a heat source. A focal plane product spreads, long wavelength laser does not fit a detailed electrode pattern, and there is also little absorption of light. [0038] Energy required for heating is $10+6 \text{ W/cm}^2$, in order to heat the number 10-micrometer field of radii at about 1000 degrees C, although it changes with the rate of light absorption of an irradiated material, thermal conductivity, the melting point, specific heat, etc. Energy density is required and it is good in a short time of a second unit. If a beam diameter is the usual laser which is 1-2mm and there is an output which is several W, when it extracts to a focus, sufficient energy density will be obtained.

[0039] Beta-FeSi 2 When it receives and Nd:YAG laser with a wavelength of 1.06 micrometers is used, that rate of light absorption is 105. What is necessary is for heating the minute field of the diameter of 50 micrometer at about 1000 degrees C to narrow down 10W output light, and just to irradiate it for several seconds, since absorption efficiency is good, and the thermal conductivity of this material is very low as used for the heat generation-of-electrical-energy material.

[0040] Drawing 4 expanded and showed the cross section of the portion which extracts a laser beam and irradiates a sample side.

[0041] Beta-FeSi 2 by which laminating growth was carried out on the sample board (silicon substrate) 31 as shown in this drawing If convergent radiotherapy of the laser beam 33 is carried out to the surface of a phase 32 to a part (hot spot) 34, it will be heated by the light absorption of a material. Although the temperature of a hot spot 34 has a high core and the amount of heating unit spreads by heat conduction, temperature is low as it keeps away from a core. A line 35 is the constant-temperature line which met in the diffusion direction of the heat at this time. In addition, 36 is a locus according [accord / an electrode and 37 / the scanning direction of a laser beam 33 / 38] to the scan of a laser beam 33.

[0042] Here, it is beta-FeSi 2 -> alpha-Fe 2 Si5. The portion made to fully heat is changed into a metal phase until it causes phase-number conversion. Alpha-Fe 2 Si5 converted into that locus 38 when the location where a beam hits making this converted portion into an electrode line was moved a straight line or in the shape of a curve A phase remains. In one sweep, when it does not have width of face required enough as an electrode, if shift only the width of face which converts into alpha phase the location where a beam hits from the front locus 38, it is made to adjoin each other in the direction 37 and carries out the sweep, the electrode pattern of thick width of face will be obtained.

[0043] A device electrode will be obtained, if this actuation is repeated and the configuration pattern of a wish is formed.

[0044] Since a laser beam has energy density raised by narrowing down, it is a method suitable for minute field heating, but when energy density is not raised like [in image exposure heating of an incandescent lamp], for example, the method of applying heating bias to the irradiated test piece beforehand is effective. That is, a heating heater is placed between a sample board (silicon substrate) and a movable stage, or lamp heater light is irradiated in the whole sample side, and sample temperature is raised to the degree which does not exceed 500 degrees C.

[0045] In this temperature requirement, it is beta-FeSi 2 of a sample. A phase does not change but, of course, is alpha-Fe 2 Si5. It does not convert into a phase and an epsilon-FeSi phase. If the light source is irradiated in the sample side of this condition, power will fully reach for a short time also by little light source at the temperature of 982 degrees C or more, and it is alpha-Fe 2 Si5. It is convertible for a phase. Since it will become about 500 degrees C if it converts into a metal phase and the light source will be erased and quenched quickly, the electrode patternized with the metal of alpha phase is formed.

[0046] As mentioned above, although how to obtain the electrode pattern which forms the focal location of a laser beam into a metal phase, and is wished to have by this continuation repeat sweep was explained, the projection image of an electrode pattern is irradiated in the whole field of a material, and the method of obtaining the whole electrode pattern at once is also considered. However, the quantity of heat which very big power is needed for the light source of the laser which heats the large area of the whole electrode section, and is impressed to an original-drawing pattern may damage a pattern by fire greatly. The above-mentioned preheating method is an effective method, in order to carry out a heating exposure and to obtain some electrode patterns by exposure once, since the effect of stopping the power of the laser of a basis is induced.

[0047] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, and based on the meaning of this invention, various deformation is possible for it and it does not eliminate these from the range of this invention.

[0048]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to [as explained to details] this invention, it is beta-FeSi₂. By heating some thin films at 982 degrees C or more, it is alpha-Fe₂Si₅ about the portion. Since phase conversion is carried out and it was made to use the portion at a phase as the electric conduction electrode. Conventionally, without forming the device electrode which vapor-deposited the metal membrane and was formed by the photolithography method, a manufacturing process can be remarkably skipped with the flat surface, and the device with a cheap manufacturing cost could be constituted.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Beta-FeSi 2 of a semiconductor It is the method of forming an electrode for constituting an element on a thin film or a plate. It sets in the inside of atmospheric air, or an inert gas ambient atmosphere, and is said beta-FeSi 2. It is alpha-Fe₂Si₅ about the all or part by heating a material-list side portion at at least 982 degrees C or more. A phase is made to carry out phase conversion. Beta-FeSi 2 characterized by using this portion that carried out phase conversion as a conductive good electrode An electrode formation method of an element.

[Claim 2] Beta-FeSi 2 according to claim 1 In an electrode formation method of an element, a heat source which heats said a part of material-list side is made into a laser beam. A heating temperature up is carried out by irradiating said material-list side near the focus to which this laser beam was extracted. Cause conversion to a metal crystal phase with conductivity, and the portion is made into a current carrying part after that with said metal crystal phase by intercepting said laser beam and cooling said material to near a room temperature rapidly. An electrode formation method of two beta-FeSi characterized by forming an electrode which made this current carrying part a predetermined configuration.

[Claim 3] Beta-FeSi 2 according to claim 2 In an electrode formation method of an element, heating temperature of said material-list side by said laser beam is made into between from 982 degrees C to 1212 degrees C. Said alpha-Fe₂Si₅ Beta-FeSi 2 characterized by leaving with alpha-phase and forming an electrode pattern by repeat of this production process by intercepting said laser beam and quenching to near a room temperature after heating an exposure portion of said laser beam which became a phase An electrode formation method of an element.

[Claim 4] Beta-FeSi 2 according to claim 2 Beta-FeSi 2 characterized by using Nd addition YAG laser as said laser light source in an electrode formation method of an element An electrode formation method of an element.

[Claim 5] Beta-FeSi 2 according to claim 2 It sets to an electrode formation method of an element, and is beta-FeSi 2 of said semiconductor. It is the method of forming an electrode by irradiating said laser beam, since an element is constituted on a thin film or a plate. A heating temperature up is carried out by irradiating said material-list side near the focus of said laser beam further, heating said material-list side to about 600 degrees C beforehand. Beta-FeSi 2 characterized by forming an electrode by causing conversion to a crystal phase with conductivity An electrode formation method of an element.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Beta-FeSi 2 which shows the example of this invention It is the mimetic diagram of equipment which enforces the electrode formation method of an element.

[Drawing 2] Beta-FeSi 2 which shows the example of this invention It is the electrode formation production process cross section of an element.

[Drawing 3] It is principle drawing explaining the phenomenon at the time of metalizing with iron, binary-condition drawing of silicon, and heating.

[Drawing 4] It is an enlarged view near [which is irradiated with a laser focus] electrode formation.

[Description of Notations]

1 31 Sample board (silicon substrate)

2 36 Electrode

3 Hot Spot

4 Condenser Lens

5 Mirror

6, 23, 33 Laser beam

7 Beam Switch

8 Nd : YAG Laser

9 Computer

10 Stage

11 Absorber

21 Silicon Substrate

22 Beta-FeSi 2 of Semiconductor Thin Film

24 Alpha-Fe 2 Si5 of Metal Body

25 Lasting Electrode

32 Beta-FeSi 2 Phase

34 Part (Hot Spot)

35 Constant-temperature Line

37 Scanning Direction of Laser Beam

38 Locus by Scan of Laser Beam

[Translation done.]

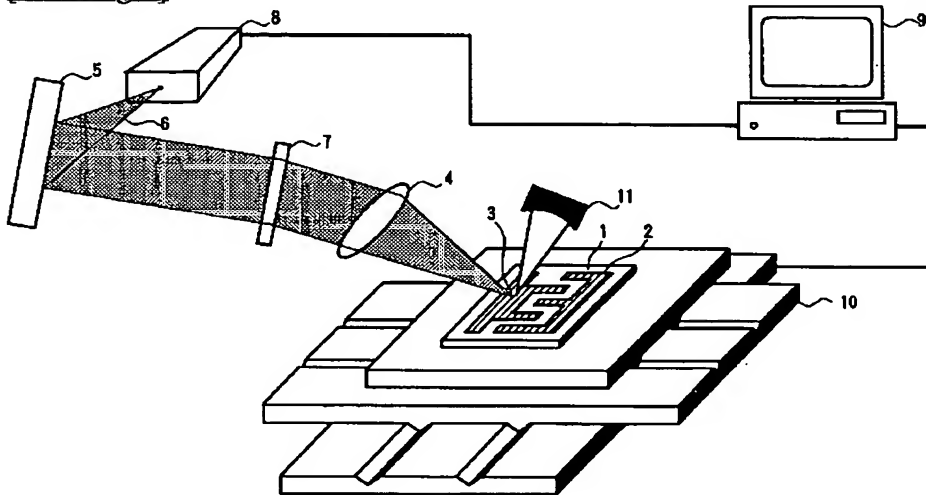
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

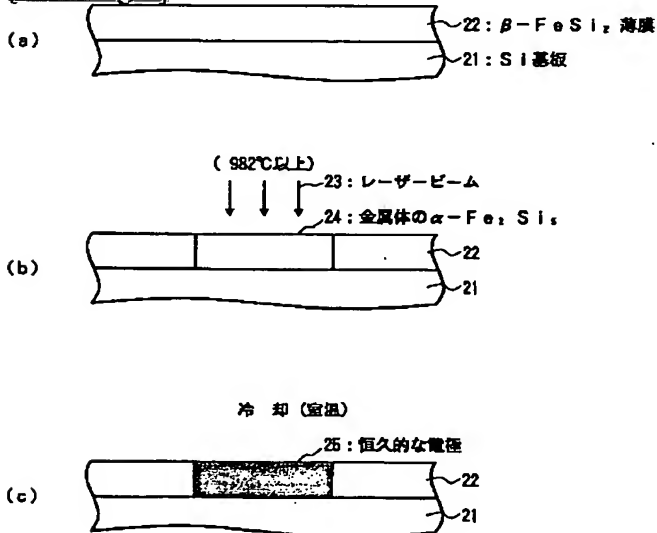
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

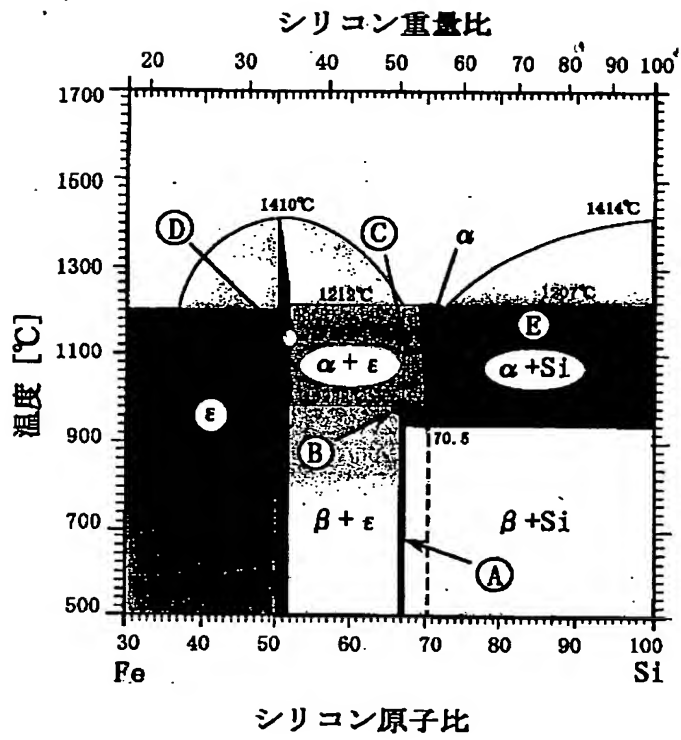
[Drawing 1]



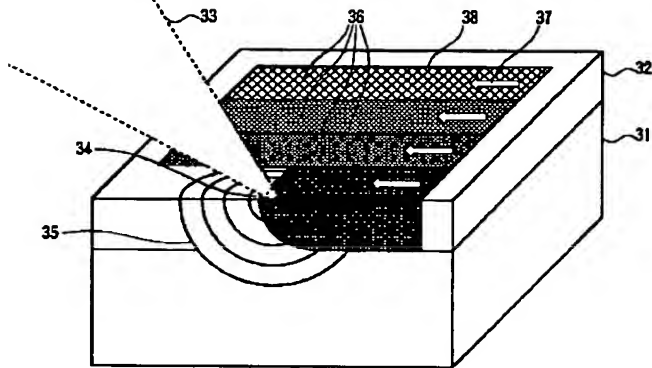
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-353526

(P2002-353526A)

(43) 公開日 平成14年12月6日 (2002.12.6)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	特許庁(参考)
H 0 1 L 35/34		H 0 1 L 35/34	4 M 1 0 4
21/28	3 0 1	21/28	3 0 1 S
21/283		21/283	Z
35/14		35/14	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-157087(P2001-157087)

(22) 出願日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 501209793

牧田 雄之助

茨城県取手市白山2-8-10

(71) 出願人 501208660

沈 陽烈

茨城県つくば市竹園3-21-1 510棟410

号

(74) 代理人 100089635

弁理士 清水 守

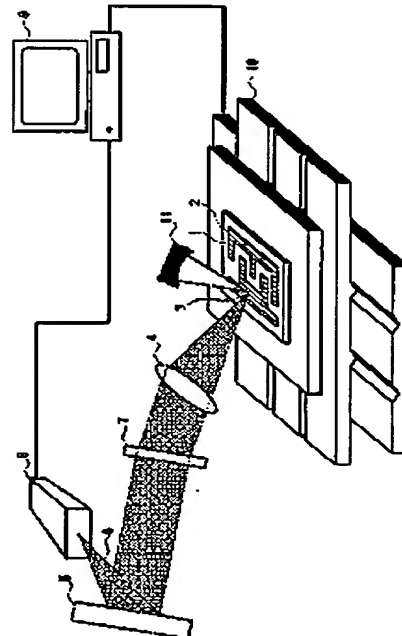
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 β -FeSi₂素子の電極形成方法

(57) 【要約】

【課題】 製造工程を著しく簡素化し、製造コストの低減化を図ることができる β -FeSi₂素子の電極形成方法を提供する。

【解決手段】 半導体の β -FeSi₂薄膜または平板上に素子を構成するための電極を形成する方法であって、大気中または不活性ガス雰囲気において前記 β -FeSi₂材料表面部分を少なくとも982℃以上に加熱することによってその全部または一部を α -Fe₂Si₃に相転換させ、該相転換させた部分を導電性の良好な電極2として用いる。



(2)

特開2002-353526

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体の β -FeSi₂薄膜または平板上に素子を構成するための電極を形成する方法であって、

大気中または不活性ガス雰囲気において前記 β -FeSi₂材料表面部分を少なくとも982℃以上に加熱することによってその全部または一部を α -FeSi₃相に相転換させ、該相転換させた部分を導電性の良好な電極として用いることを特徴とする β -FeSi₂素子の電極形成方法。

【請求項2】 請求項1記載の β -FeSi₂素子の電極形成方法において、前記材料表面の一部を加熱する熱源をレーザー光とし、該レーザー光を絞った焦点近傍で前記材料表面を照射することによって加熱昇温し、導電性のある金属結晶相への変換を引き起こし、その後、前記レーザー光を遮断して前記材料を急激に室温付近まで冷却することによってその部分を前記金属結晶相のまま導電部とし、該導電部を所定の形状にした電極を形成することを特徴とする β -FeSi₂素子の電極形成方法。

【請求項3】 請求項2記載の β -FeSi₂素子の電極形成方法において、前記レーザー光による前記材料表面の加熱温度を982℃から1212℃までの間とし、前記 α -FeSi₃相になった前記レーザー光の照射部分を加熱後に前記レーザー光を遮断して室温付近まで急冷することによって α -相のまま残し、この工程の繰り返しによって電極パターンを形成することを特徴とする β -FeSi₂素子の電極形成方法。

【請求項4】 請求項2記載の β -FeSi₂素子の電極形成方法において、前記レーザー光源としてNd添加YAGレーザーを用いることを特徴とする β -FeSi₂素子の電極形成方法。

【請求項5】 請求項2記載の β -FeSi₂素子の電極形成方法において、前記半導体の β -FeSi₂薄膜または平板上に素子を構成するために前記レーザー光を照射することによって電極を形成する方法であって、前記材料表面をあらかじめ600℃近傍まで加熱しながら、さらに前記レーザー光の焦点近傍で前記材料表面を照射することによって加熱昇温し、導電性のある結晶相への変換を引き起こすことによって電極を形成することを特徴とする β -FeSi₂素子の電極形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エレクトロニクス分野における半導体素子デバイスの製造方法のうち、素子材料板や薄膜基板上へ電流を導通する電極を、外部から金属材料を堆積したり塗布結合することなく形成するための電極の形成方法に係り、詳細には β -FeSi₂の一部分を加熱して金属相に転換して電極とする方法に関するものである。

【0002】

2

【従来の技術】従来の半導体デバイスは、シリコン(Si)基板や平面基板材の上に機能性の材料薄膜を形成し、その上に信号の入出力を行う電極が施されているものである。セラミックや機能材料の比較的大きな試料片の電極の場合は、試料端に電極線を巻きつけたり表面の一部分に金属ペーストや各種の半田を用いて電極線を固定する。

【0003】一方、SiやIII-V族化合物半導体材料を用いた発光・受光・メモリ・IC回路デバイスなどの微細な配線を行うために、従来から多様な電極形成方法が開発されてきた。

【0004】一般的には、金属導電体の蒸着膜・スパッタ膜・イオンプレーティング膜を素子表面に堆積し、ホトリソグラフィ技術を用いて微細なパターンに加工して素子が形成されてきた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】半導体の素子には半導体材料と電極材料が必要である。その電極の機能は機能性半導体材料に電流を導入したり引き出すものであるから、両者の界面が機械的に密着し、電気的にも正常な導通を示すいわゆるオーミックコンタクトが取れなければならない。

【0006】そのためには、①良い導電体である金属を電極材料に選ぶ。一般的にはアルミニウム(Al)や銅(Cu)、銀(Ag)、金(Au)などが用いられる。伝導率が高いものが望ましいが、使用される雰囲気や温度による電位差、半導体材料との組み合わせによっては、長期間使用後の腐食などの問題が発生することがある。これらの現象による変化は避けなければならないので、どのような電極材料を選択するか問題である。

【0007】また、半導体材料と電極材料間を良好な接合状態に保つためには、少なくとも機械的な接触を阻む異物は除去されなければならない。例えば、②両者の表面を良く洗浄して有機性不純物を除去したり、③酸化物や炭埃を取り除いて機械的密着度を増すようにする。こうして洗浄になった表面に電極材料を接触させる方法として、真空中での金属膜蒸着やスパッタリング法での膜形成を行ってきた。

【0008】しかしながら、この表面を洗浄に保つ作業は、工程を増やし価格を高める要因となる。

【0009】さらに、積層した導電膜を任意の電極パターン形状に加工するために、④高価なホトリソグラフィ装置を用い、パターン原図マスク作製→半導体膜面にレジスト塗布→露光→エッチングでレジスト膜除去→酸やアルカリ液で金属膜エッチング加工→電極パターンの完成、という工程を施してきた。

【0010】しかし、このホトリソグラフィ法で微細な金属パターンを形成した後、⑤さらにその上にもう一層の金属膜電極を形成する際には、前処理で出来たエッチング段差を跨いで、積層金属薄膜を成膜する。その際

50

(3)

特開2002-353526

3

に、段の下面と上面間をつなぐ膜が十分につながらない、いわゆるステップカバレッジが悪いという現象が起こり、電極膜剥離や断線を生じさせる原因となっている。

【0011】上記したように、これら従来の形成方法では、製作歩留りを高め、製品の高品質・低コスト目標を達成するためには、高価な設備を用いたり、何度も工程検査を行うなど、多くの時間と労力をかけなければならないという問題があった。

【0012】本発明は、上記問題点を除去し、製造工程を著しく簡素化し、製造コストの低減化を図ることができ、 β -FeSi₂素子の電極形成方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

【1】半導体の β -FeSi₂、薄膜または平面上に素子を構成するための電極を形成する方法であって、大気中または不活性ガス雰囲気において前記 β -FeSi₂、材料表面部分を少なくとも982℃以上に加熱することによってその全部または一部を α -Fe₂Si₂に相転換させ、この相転換させた部分を導電性の良好な電極として用いることを特徴とする。

【0014】【2】上記【1】記載の β -FeSi₂、素子の電極形成方法において、前記材料表面の一部を加熱する熱源をレーザー光とし、このレーザー光を絞った焦点近傍で前記材料表面を照射することによって加熱昇温し、導電性のある金属結晶相への変換を引き起こし、その後、レーザー光を遮断して前記材料を急激に室温付近まで冷却することによってその部分を前記金属結晶相のまま導電部とし、この導電部を所定の形状にした電極を形成することを特徴とする。

【0015】【3】上記【2】記載の β -FeSi₂、素子の電極形成方法において、前記レーザー光による前記材料表面の加熱温度を982℃から1212℃までの間とし、 α -Fe₂Si₂相になった前記レーザー光の照射部分を加熱後に前記レーザー光を遮断して室温付近まで急冷することによって α -相のまま残し、この工程の繰り返しによって電極パターンを形成することを特徴とする。

【0016】【4】上記【2】記載の β -FeSi₂、素子の電極形成方法において、前記レーザー光源としてNd添加YAGレーザーを用いることを特徴とする。

【0017】【5】上記【2】記載の β -FeSi₂、素子の電極形成方法において、前記半導体の β -FeSi₂、薄膜または平面上に素子を構成するために前記レーザー光を照射することによって電極を形成する方法であって、前記材料表面をあらかじめ600℃近傍まで加熱しながら、さらに前記レーザー光の焦点近傍で前記材料表面を照射することによって加熱昇温し、導電性のある結晶相への変換を引き起こすことによって電極を形成するこ

4

とを特徴とする。

【0018】本発明では、半導体材料表面に電極を構成して素子とする場合に、特別な電極材料を選んで使用することなく、オーミックコンタクトを取るための特別な洗浄や密着後のベーキング加熱、及び蒸着やスパッタリング膜形成工程を省き、電極以外の成膜が必要なきもステップカバレッジ問題を生じさせずに済み、マスクや光露光などの工程をなくし、空気中または不活性ガス雰囲気下で良質な β -FeSi₂素子の電極を形成する手段を与えるものである。

【0019】すなわち、試料材料の一部をレーザー照射することによって半導体結晶相の変換温度以上に加熱し、その部分を金属の結晶相に変換させて導電体とし、それを電極として用いるものである。

【0020】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面に基つき詳細に説明する。

【0021】図1は本発明の実施例を示すレーザー加熱によって β -FeSi₂相の一部分を α -Fe₂Si₂相に変換する装置の模式図。図2は本発明の実施例を示す β -FeSi₂素子の電極形成工程断面図である。

【0022】図1に示すように、あらかじめSi結晶基板上に β -FeSi₂膜が成長している試料板（シリコン基板）1は、コンピュータ9で制御されて電極パターンを描画するように可動するステージ10上に置かれている。

【0023】同様にコンピュータ9によって制御されるNd:YAGレーザー8から射出されるレーザービーム6は、装置の光路を最適に構築するミラー5や、同じくコンピュータ制御されるビームスイッチ7を通過し、さらに集光レンズ4によって縮められ、試料面の加熱点3に焦点を結ぶ。この加熱によって金属化した部分をパターン化して出来るのが電極2である。試料面から反射される散乱光はアブソーバ11によって吸収される。

【0024】本発明の特徴は、デバイス材料の β -FeSi₂薄膜が、加熱操作によって結晶多体を引き起こし、金属体の α -Fe₂Si₂に変換することを利用しているところにある。

【0025】以下、本発明の β -FeSi₂素子の電極形成方法について図2を用いて詳細に説明する。

【0026】（1）まず、図2（a）に示すように、シリコン基板21上に半導体の β -FeSi₂、薄膜22を形成する。

【0027】（2）次いで、図2（b）に示すように、その β -FeSi₂、薄膜22の所定の個所にレーザービーム23を照射して、982℃以上に加熱して、金属体の α -Fe₂Si₂、24に変換する。

【0028】（3）次に、図2（c）に示すように、金属体の α -Fe₂Si₂、24を急激に室温近傍まで冷却して、恒久的な電極25を形成する。

50

(4)

特開2002-353526

5

【0029】図3は鉄とシリコンの2元状態図と加熱により金属化する際の現象を説明する原理図である。

【0030】FeとSi元素の構成比1:2でできる金属間化合物 $\beta\text{-FeSi}_2$ は半導体であり、この組成は2元状態図上のA点に存在する。この材料をレーザーアニール法などで加熱すると β 相分解温度(982℃)B点に到達し、この温度までは $\beta\text{-FeSi}_2$ の相構造を保つ。さらに温度が上昇してB点を越えてC点に至ると、加熱された部分の $\beta\text{-FeSi}_2$ の相構造は分解し、わずかの $\epsilon\text{-FeSi}$ 相D点物質と、大部分が $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ 相E点物質に分離した混合結晶相になる。ここで交換されてきた $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ は金属相であり、これを電極材料として利用する。

【0031】加熱点の大部分が $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ に相に転換した材料の状態図中の位置は、E点となる。次いで、E点である α 相に転換した材料をそのまま急冷して室温付近のF点まで下げると、本来、安定平衡相である $\beta\text{-FeSi}_2$ とSiの混合結晶相に分解せずに、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ のままで残る。この結晶相は金属なので電気の良導体となり電極材料として機能するわけである。

【0032】E点にある材料を室温近傍まで急冷しないで900℃～650℃近傍に長時間放置すると、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ は再び $\beta\text{-FeSi}_2$ 、半導体相とSiに分離析出されるので、電極としての金属特性を持たなくなる。 $\beta\text{-FeSi}_2$ 相を加熱して $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ 相に転換した部分を電極として利用するためには、急速に室温付近F点まで冷却することが肝要である。

【0033】本発明の特徴は、試料膜の一部分を加熱操作によって結晶状態を引き起こして金属とするものであるから、半導体素子に電極を形成するデバイスを作製する場合に、外部から電極用金属を付着堆積しなくて良い。試料材料表面に何も無い状態で平坦面のまま試料材料の一部が電極になるのであるから、従来の電極形成の際、発生していた材料と電極間の汚染は原理的になくなり、材料表面の過度の清浄化作業は不要となる。また材料の接点表面は平坦な連続面であるために、オーミックコンタクトが完全に得られた電極が形成されることになる。

【0034】本発明の $\beta\text{-FeSi}_2$ 素子の電極形成方法は、必要な部分を加熱して金属相に変換することが特徴なので、加熱方法はレーザーアニール法に限らず、高熱の炎や高熱金属片先端を圧着させるなどの方法でも可能である。

【0035】一般に半導体デバイスの電極は、その幅が1mm以下で数100 μm ～数10 μm という微細なパターンで構成されるため、このような微細な部分を加熱して金属化する際の加熱方法としては、熱源を微小にすることが可能なレーザービームを用いるのが望ましい。レーザービームをレンズを用いて絞り込むと、その焦点に照射されるビーム径は数 μm ～数10 μm となり、この部

5

分が金属化するので光線や試料位置を移動させて加熱点を連続に繋げることによって自在な電極パターンが形成される。

【0036】加熱に用いられるレーザー光線はいろいろの波長のものがある。例えば、エキシマレーザーのような紫外波長領域で強力な出力を持つもの。緑や赤の可視光領域で容易に得られる半導体やHe、Neガスレーザー、CdやNe:YAGの固体レーザー、さらに10 μm 長波長のCO₂ガスレーザーなどがある。それぞれ特徴があって、加熱することはできるが、効率よく光を吸収して加熱を速くするには、材料の光吸収係数と反射係数を選ばねばならない。すなわち、 $\beta\text{-FeSi}_2$ 膜にとって吸収係数の高いのは波長0.9 μm から2 μm の光である。この点でNd:YAGレーザーは本発明の実施光源として最適である。紫外レーザーはエネルギーパワーを大きくとれるが、エネルギーが高いので材料の原子分子を衝突飛散させてしまうため、加熱光源としては相応しくない。

【0037】また、可視光は反射が多く、熱源として効率的でない。長波長レーザーは焦点面積が広がってしまい、微細な電極パターンに適さないし、光の吸収も少ない。

【0038】加熱に必要なエネルギーは、被照射材料の光吸収率、熱伝導率、融点、比熱などによって異なるが、半径数10 μm 領域を1000℃近傍に加熱するためには、10³W/cm²のエネルギー密度が必要で、秒単位の短時間で良い。ビーム径が1～2mmの通常のレーザーなら数Wの出力があれば、焦点に絞ったときには十分なエネルギー密度が得られる。

【0039】 $\beta\text{-FeSi}_2$ に対して、波長1.06 μm のNd:YAGレーザーを用いた場合、その光吸収率は10³と吸収効率がよく、この材料の熱伝導率は熱発電材料に用いられているように大変低いので、50 μm 径の微小領域を1000℃近傍に加熱するのは10W出力光を絞り込んで数秒間照射すればよい。

【0040】レーザー光を絞って試料面を照射する部分の断面を拡大して示したのが図4である。

【0041】この図に示すように、試料板(シリコン基板)31の上に積層成長された $\beta\text{-FeSi}_2$ 相32の表面にレーザービーム33が部位(加熱点)34に集光照射されると、材料の光吸収によって加熱される。加熱点34の温度は中心部が高く、熱伝導によって加熱部分が広がるが、中心部より遠ざかるにつれて温度は低くなっている。線35はこの時の熱の拡散方向に沿った等温線である。なお、36は電極、37はレーザービーム33の走査方向、38はレーザービーム33の走査による軌跡である。

【0042】ここで、 $\beta\text{-FeSi}_2$ → $\alpha\text{-Fe}_2\text{Si}$ 相変換を引き起こすまで十分に加熱させた部分は金属相に変換する。この転換した部分を電極線とするにはビ

10

20

30

40

50

(5)

特開2002-353526

7

8

ームの当たる位置を直線又は曲線状に動かすと、その軌跡38に転換された α -Fe, Si, 相が残る。一回の掃引では電極として十分に必要幅を持たない場合は、ビームの当たる位置を α 相に転換する幅だけ前の軌跡38からずらして方向37に隣り合わせて掃引していけば太い幅の電極パターンが得られることになる。

【0043】この操作を繰り返して望みの形状パターンを形成すれば、デバイス電極が得られることになる。

【0044】レーザビームは絞り込むことによってエネルギー密度を高められるので、微小領域加熱に適した方法であるが、例えば白熱灯のイメージ照射加熱の場合のようにエネルギー密度が上げられない場合には、被照射試料片にあらかじめ加熱バイアスをかけておく方法が有効である。すなわち、試料板（シリコン基板）と可動ステージの間に加熱ヒータを置いたり、または試料面全体にランプヒータ光を照射して、試料温度を500℃を越えない程度に高めておく。

【0045】この温度範囲では試料の β -FeSi, 相は変化せず、もちろん α -Fe, Si, 相にも ϵ -FeSi相にも転換することはない。この状態の試料面に光源を照射すれば、パワーが少ない光源でも短時間に十分に982℃以上の温度に到達し、 α -Fe, Si, 相に変換することが出来る。金属相に転換したら急速に光源を消し急冷すれば500℃近傍になるので、 α 相の金属のままでパターン化された電極が形成される。

【0046】以上、レーザ光の焦点位置を金属相化して、この連続繰り返し掃引で希望する電極パターンを得る方法について説明したが、材料の面全体に電極パターンの投影像を照射し、一度に全体の電極パターンを得る方法も考えられる。しかし、電極部分全体の大面積を加熱するレーザの光源には、非常に大きなパワーが必要とされるし、また、原図パターンに印加される熱量が大きくなりパターンを焼損しかねない。前述の予備加熱法は、もとのレーザのパワーを抑える効果を生むので、電極パターンの一部分を一度の照射で加熱照射して得るには、有効な方法であろう。

【0047】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0048】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、 β -FeSi, 薄膜の一部を982℃以上に加熱することにより、その部分を α -Fe, Si, 相に相転換してその部分を導電電極とするようにしたので、従来は金属膜を蒸着してホトリソグラフィ法で形成していたデバイス電極を形成することなく、平坦表面のままで製造工程を著しく省略することができ、製造コストの廉価なデバイスが構成できるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す β -FeSi, 素子の電極形成方法を実施する装置の模式図である。

【図2】本発明の実施例を示す β -FeSi, 素子の電極形成工程断面図である。

【図3】鉄とシリコンの2元状態図と加熱により金属化する際の現象を説明する原理図である。

【図4】レーザ焦点で照射する電極形成付近の拡大図である。

【符号の説明】

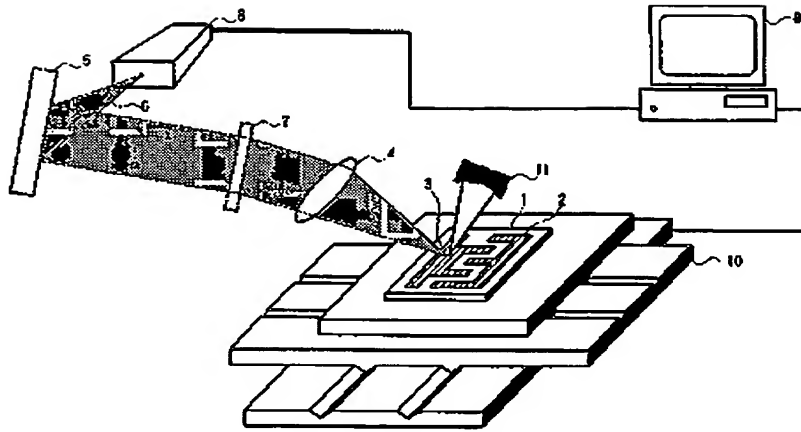
- 1, 31 試料板（シリコン基板）
- 2, 36 電極
- 3 加熱点
- 4 集光レンズ
- 5 ミラー
- 6, 23, 33 レーザビーム
- 7 ビームスイッチ
- 8 Nd:YAGレーザ
- 9 コンピュータ
- 10 ステージ
- 11 アブソーバ
- 21 シリコン基板
- 22 半導体の β -FeSi, 薄膜
- 24 金属体の α -Fe, Si,
- 25 恒久的な電極
- 32 β -FeSi, 相
- 34 部位（加熱点）
- 35 等温線
- 37 レーザビームの走査方向
- 38 レーザビームの走査による軌跡

49

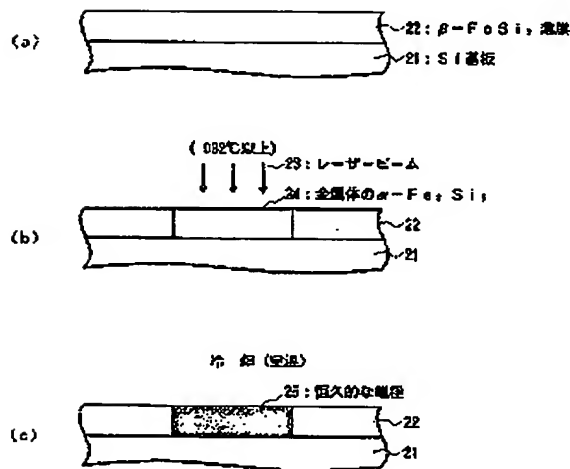
(6)

特開2002-353526

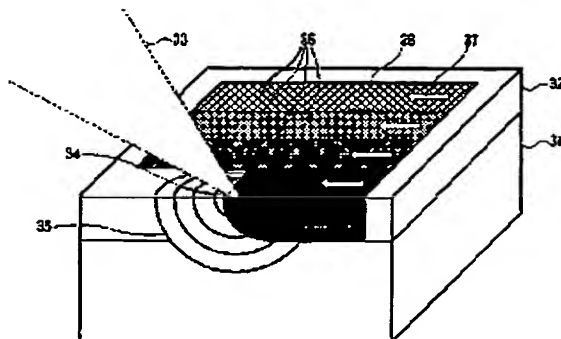
【図1】



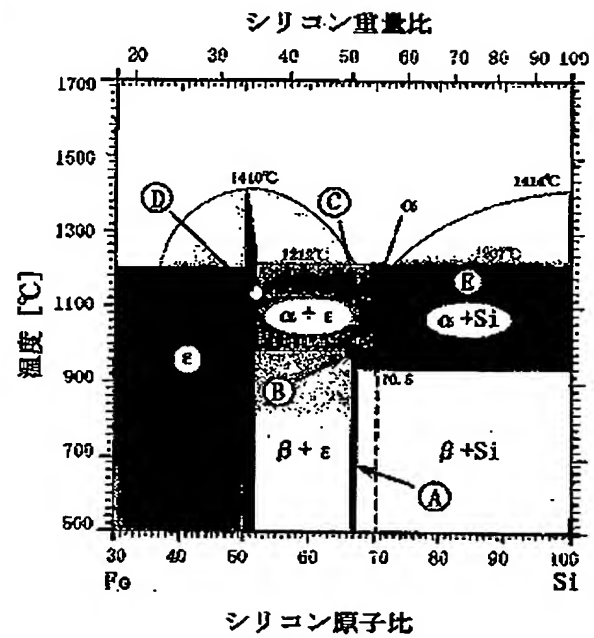
【図2】



【図4】



【図3】



(7)

特開2002-353526

フロントページの続き

(71)出願人 501208671
王 詩男
茨城県つくば市二の宮4-8-3-4-
404
(71)出願人 501208682
福澤 保裕
茨城県つくば市京新井36-13 徳原マンシ
ョン303号室
(71)出願人 501208992
中山 靖彦
神奈川県川崎市宮前区けやき平1-41-
103
(72)発明者 牧田 雄之助
茨城県取手市白山2-8-10

(72)発明者 沈 鴻烈
茨城県つくば市竹園3-21-1 510棟410
号
(72)発明者 王 詩男
茨城県つくば市二の宮4-8-3-4-
404
(72)発明者 福澤 保裕
茨城県つくば市京新井36-13 徳原マンシ
ョン303号室
(72)発明者 中山 靖彦
神奈川県川崎市宮前区けやき平1-41-
103
Fターム(参考) 4A0104 AA10 BB19 CC01 DD31 HH20